

⑫ 公開特許公報(A) 平2-59975

⑬ Int.Cl.⁵G 06 F 15/68
15/66

識別記号

4 1 0
4 0 5

庁内整理番号

8419-5B
8419-5B

⑭ 公開 平成2年(1990)2月28日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全10頁)

⑮ 発明の名称 ジャギの滑線化方法

⑯ 特 願 昭63-210690

⑰ 出 願 昭63(1988)8月26日

⑱ 発 明 者 成 瀬 央 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
 ⑲ 発 明 者 野 村 由 司 彦 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
 ⑳ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号
 ㉑ 代 理 人 弁理士 星野 恒 司

明 細 書

1. 発明の名称 ジャギの滑線化方法

2. 特許請求の範囲

デジタル画像に対して、最近隣内挿法を用いて一方向の画像の座標変換を行う場合において、

(a) 座標変換後の標本点上にある画素の座標(x, y)から、座標変換前の画像において該座標に対応する標本点上にある画素の座標(u, v)を差し引いてその差x-uを求め、この値を座標(x, y)にある画素のx方向の移動量d(x, y)とする第1工程と、

(b) y方向に隣接する画素の移動量が異なる $\Delta d = d(x, y) - d(x, y+1) \neq 0$ なる条件を満たす座標(x, y), (x, y+1)にある画素を検出する第2工程と、

(c) 該座標にある画素の濃度g(x, y), g(x, y+1)を

$$g(x, y) = \frac{2g_1(x, y) + g_2(x + \Delta d / |\Delta d|, y)}{3}$$

$$g(x, y+1) = \frac{2g_1(x, y+1) + g_2(x - \Delta d / |\Delta d|, y+1)}{3}$$

で置換する第3工程と、

(d) x方向に隣接する画素の移動量が異なる

$$\Delta d = d(x, y) - d(x+1, y) \neq 0$$

なる条件を満たす座標(x, y), (x+1, y)にある画素を検出する第4工程と、

(e) 該座標にある画素の濃度g(x, y),

g(x+1, y)を

$$g(x, y) = \begin{cases} \frac{g_1(x-1, y) + 2g_2(x, y)}{3} & (\Delta d < 0) \\ \frac{5g_1(x, y) + g_2(x+1, y)}{6} & (\Delta d > 0) \end{cases}$$

$$g(x+1, y) = \begin{cases} \frac{2g_1(x+1, y) + g_2(x+2, y)}{3} & (\Delta d < 0) \\ \frac{g_1(x, y) + 5g_2(x+1, y)}{6} & (\Delta d > 0) \end{cases}$$

で置換する第5工程と

からなることを特徴とするジャギの滑線化方法。

3. 発明の詳細な説明

(発明の属する技術分野)

本発明は、最近隣内挿法を用いてデジタル画像の座標変換を行った場合に生じるジャギの滑線化方法に関するものである。

(従来の技術)

始めに最近隣内挿法を用いた画像の座標変換方法。次にジャギ(画像変換後の画像のギザギザ)の発生理由について説明する。ここでは、最近隣内挿法を用い、かつ座標変換を水平、鉛直の2方向に分離して順次行う高速座標変換方法(成瀬、野村、画像の座標変換方法、特願昭63-44342号)を例に用いて、画像の座標変換を説明する。

第1図は座標変換の原理を、第2図は座標変換のフローチャートを夫々示す。座標変換後および変換前の各座標軸として、水平方向にはそれぞれ x 軸、 u 軸を、鉛直方向には y 軸、 v 軸を用いる。ここでは、座標変換を水平、鉛直の2方向に分離して順次処理する。すなわち、まず画像を水平方向に座標変換し、次に変換された画像を鉛直方向に座標変換していくものとする。

第1図に示すように、座標変換前の座標(u , v)にある画素の濃度を水平方向に $d(x, y)$ 画素移動して座標変換後の座標(x , y)にある画素の濃度とし、さらに、この画素の濃度を鉛直方向

$$\left. \begin{aligned} u &= \text{int} \{ f_u(x, y) + 0.5 \} \\ v &= \text{int} \{ f_v(x, y) + 0.5 \} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

と表わせる。

一般に、座標変換後の画像において座標(x , y)を標本点上に設定しても、この座標に対応する座標変換前の座標($f_u(x, y)$, $f_v(x, y)$)は標本点上にはない。そのため、最近隣内挿法では座標変換前の座標($f_u(x, y)$, $f_v(x, y)$)に最も近い標本点の座標(u , v)で代用している。

式(1)は、座標(u , v)にある画素の濃度 $g(u, v)$ を座標(x , y)にある画素の濃度 $g(x, y)$ として記憶することによって、すなわち画素の濃度 $g(u, v)$ を水平方向に $x - u$ 画素、鉛直方向に $y - v$ 画素移動することによって、画像の座標変換が行えることを示している。これらの移動量 $d(x, y)$, $e(x, y)$ 、すなわち

$$\left. \begin{aligned} d(x, y) &= x - u \\ e(x, y) &= y - v \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

は、式(1)により全ての座標(x , y)について予め算出できる。

に $e(x, y)$ 画素移動して座標変換後の座標(x , y)にある画素の濃度とする。そのためには、前処理として座標(x , v)にある画素に $d(x, y)$ の濃度、座標(x , y)にある画素に $e(x, y)$ の濃度を与え、水平方向用および鉛直方向用の参照画像を作成しておく。

後で変換前の画像の全画素を一括して d 画素あるいは e 画素シフトし、その中で、前記参照画像の中で d あるいは e の濃度をもつ画素群の座標に対応する画素群のみを残してやればよい。以下、水平方向を例にとり、第2図のフローチャートを用いて説明する。

(i) 前処理について

〔第1工程〕移動量記憶画像Dの作成:

座標変換前の画像における画素の座標を(u , v)、座標変換後の画像における画素の座標を(x , y)とし、(x , y)座標系から(u , v)座標系への水平、鉛直方向の変換式を f_u , f_v とすれば、最近隣内挿法では(x , y)と(u , v)との関係は

そこで、あらゆる座標(x , y)について式(1)により(u , v)を、さらに、式(2)により $d(x, y)$ を求める。そして、 $d(x, y)$ を水平方向用の参照画像の座標(x , v)にある画素の濃度として記憶する。この参照用画像を水平方向の移動量記憶画像Dと呼ぶ。

今、移動量 $d(x, y)$ がレンズに起因する画像歪を近似する式の一例として、

$$d(x, y) = a_u(x - x_0)(y - y_0)^2 \quad (3)$$

で表わされている場合を用いて具体的に説明する。ここで、 a_u , x_0 , y_0 は定数で、それぞれ0.004, 1, 0とする。これにより、水平方向の移動量記憶画像Dを作成した結果を第3図に示す。第3図は、2次元的に広がっている画像の一部を示したものである。

(ii) 画像の座標変換について

具体例として、第4図(a)に示す座標変換の対象の画像、すなわち座標変換前画像 G_1 を考える。この画像において、座標(u , v)にある画素の濃度 $g_1(u, v)$ は、

$$g_1(u, v) = 10u + v \quad (4)$$

と与えている。

〔第2工程〕画素群抽出処理：

移動量記憶画像D(座標(x, v)にある画素の濃度をd(x, v)とする)から、移動量が同一な画素群を抽出する。すなわち、

$$m(x, v) = \begin{cases} 1, & d(x, v) = d \\ 0, & d(x, v) \neq d \end{cases} \quad (5)$$

なる2値化処理を行い、移動量がdの画素群を抽出する。その結果得られる2値画像をマスク画像Mと呼ぶ。第3図に示した移動量記憶画像Dから、一例として濃度dが2つの画素群を抽出してマスク画像Mを作成した結果を第4図(b)に示す。

〔第3工程〕シフト処理：

座標変換前画像G₁を水平方向にd画素、すなわち第2工程においてマスク画像Mを作成するときに用いた濃度に等しい画素数分シフトしてシフト後画像G₂を作成する。すなわち、

$$g_2(x, v) = g_1(x + d, v) \quad (6)$$

とする。具体例では、濃度dとして2を考えてい

度である。このようにして得られた結果を第4図(e)に示す。

次に、ジャギおよびその発生理由について説明する。座標変換を行うと、画像にせん断や伸縮が起こる。最近隣内挿法では、このような部分に境界があると、画素の移動量が1画素単位に離散値化されているので、そこが不連続となり、ジャギを生じて画像の品質が劣化する。水平方向に座標変換する場合の斜め境界を例に用い、ジャギが生じる様子を第5図に示す。第5図(a)、(b)は画像のせん断、すなわちずれであり、第5図(c)、(d)は伸縮である。

画像をシフトする方向に対して垂直な方向に隣接する2画素の移動量が異なるとき、その2画素の境界をせん断面として画像のせん断が生じる。画像のせん断には、第5図(a)に示した反時計回りのものと、第5図(b)に示した時計回りのものがある。

最近隣内挿法では、画素を単位とした移動によって座標変換を行っていくので、第6図(a)に示

るので、第4図(a)に示した座標変換前画像G₁を右へ2画素シフトし、得られたシフト後画像G₂を第4図(c)に示す。

〔第4工程〕残存処理：

第4工程で作成したシフト後画像G₂から第2工程で作成したマスク画像Mに対応する領域のみを残し、部分座標変換後画像G₃を作成する。すなわち、

$$g_3(x, v) = m(x, v) g_2(x, v) \quad (7)$$

なる画像間演算を行う。具体例における結果を第4図(d)に示す。

〔第5工程〕加算処理：

移動量記憶画像Dに記憶されているあらゆる濃度について、第2工程から第4工程を繰り返しながら各濃度ごとに得られる部分座標変換後画像G₃を加算して、水平方向の座標変換後画像G₄を作成する。すなわち、

$$g_4(x, v) = \sum_{d=d_{\min}}^{d_{\max}} g_3(x, v) \quad (8)$$

とする。ただし、d_{min}, d_{max}は水平方向の移動量記憶画像Dに記憶されている最小および最大濃

度である。このようにして得られた結果を第4図(e)に示す。

また、第6図(b)に示すように時計回りの場合には、反時計回りの場合とは逆で、画素の移動量はせん断面の下にある画素のdから、せん断面の上にある画素のd+1へと急激に変化する。

一方、画像の伸縮は、画像をシフトする方向に隣接する2画素の移動量が異なるとき、その2画素の境界を境として起こる。第5図(c)は画像の伸び、第5図(d)は縮みである。伸びの場合には、第6図(c)に示すように、画像の移動量が伸びの境界の2画素においてdからd+1へと急激に変化するために、また、縮みの場合には、第6図(d)に示すように、画素の移動量が縮みの境界の2画素においてdからd-1へと急激に変化するために、ジャギが生じる。

先に述べた方法で画像歪を除去するための座標変換を行った結果を第8図(b)に示す。なお、第

8 図(a)は座標変換前の画像である。第 8 図(b)に示すケーブル 1 とマンホール壁面 2 との境界に見られるように、境界がギザギザ状になり、座標変換によって著しく画質が劣化している。従来は、座標変換によって生じるこのようなジャギを滑線化する方法が確立されていなかった。

(発明の目的)

本発明の目的は、最近隣内挿法を用いて画像の座標変換を行う場合において、画質の劣化を防止するためのジャギの滑線化方法を提供することにある。

(発明の構成)

(発明の特徴と従来技術との差異)

本発明は、最近隣内挿法を用いて座標変換を行う場合において、座標変換に必要な移動量を求め、移動方向と直交する方向に隣接する画素の移動量が異なる境界を検出し、その境界をはさむ画素の濃度を移動方向の前後にある 2 画素の濃度の重み付き平均値で置換するか、あるいは、移動方向に隣接する画素の移動量が異なる境界を検出し、そ

の境界をはさむ画素の濃度を移動方向の前後にある 2 画素の濃度の重み付き平均値で置換することによりジャギの滑線化を行うことを最も主な特徴とする。

従来技術では、ジャギの滑線化を行わず、そのまま画素を単位とした移動によって座標変換を行っていたが、本発明は濃度の重み付き平均値で置換する点異なる。

(実施例)

従来技術で述べたように、最近隣内挿法では画素を単位とした移動によって座標変換を行っていく。この結果、第 6 図に示したように、画素の移動量はせん断面の上下、あるいは伸縮境界の左右にある 2 画素において移動量が d から $d-1$ 、あるいは d から $d+1$ へと急激に変化し、ジャギが生じることになる。したがって、この急激な変化を本発明は緩やかにすることでジャギの発生を低減するものである。

以下、それぞれの場合について水平方向を例に用いて説明する。

(a) 移動量 $d(x, y)$ の算出

第 1 工程は、座標変換を行う際に算出されるもので、第 2 図の(i)に示す従来技術と同様であるので、ここでは省略する。

画像のせん断について

(b) 滑線化画像の検出

第 2 工程は、 y 方向に隣接する画素の移動量が異なる画素を検出する工程である。すなわち、隣接する画素における移動量の差分 Δd を

$$\Delta d = d(x, y) - d(x, y+1) \quad (9)$$

より求め、 $\Delta d < 0$ または $\Delta d > 0$ となるとき、座標 (x, y) 、 $(x, y+1)$ にある画素を検出する。この 2 画素の境界において、 $\Delta d > 0$ は第 6 図(a)に示すように反時計回りのせん断が、また、 $\Delta d < 0$ は第 6 図(b)に示すように時計回りのせん断が起きている場合である。

例えば、第 3 図に示した水平方向の移動量記憶画像 D において、座標 $(6, 6)$ 、 $(6, 7)$ にある画素の移動量 $d(6, 7)$ 、 $d(6, 8)$ はそれぞれ 1 と 2 であるので、

$$\begin{aligned} \Delta d &= d(6, 7) - d(6, 8) \\ &= -1 < 0 \end{aligned}$$

となる。したがって、これらの画素の境界において時計回りのせん断が起こっているので、これらの画素が滑線化すべき画素として検出される。

(c) 滑線化処理

第 3 工程は、画像のせん断によって生じたジャギを滑線化する工程である。反時計回りの場合 ($\Delta d > 0$) には、第 6 図(a)に示すように、画素の移動量はせん断面の下にある画素の d から、せん断面の上にある画素の $d-1$ へと急激に変化してしまい、ジャギを生ずる。そこで、第 7 図(a)のハッチングで示すように、座標 (x, y) にある画素の移動量が $d-1/3$ 、座標 $(x, y+1)$ にある画素の移動量が $d-2/3$ と等価になるようにする。そのため、座標 (x, y) にある画素の濃度として、それに含まれるハッチングの 2 画素の濃度を面積占有率で重み付けした値を用いる。ただし、右下がりのハッチングの 2 画素の濃度は、それらに対応する実線の 2 画素、つまり座標 (x, y) 、

$(x+1, y)$ にある画素の濃度である。したがって、

$$g(x, y) = \frac{1}{3}(2g_1(x, y) + g_1(x+1, y)) \quad (10)$$

となる。また、座標 $(x, y+1)$ にある画素の濃度については、座標 $(x, y+1)$ と座標 $(x-1, y+1)$ にある画素の濃度が用いられるので、

$$g(x, y+1) = \frac{1}{3}(g_1(x-1, y+1) + 2g_1(x, y+1)) \quad (11)$$

となる。

同様に、時計回りのせん断の場合($\Delta d < 0$)には、第6図(b)に示すように、画素の移動量はせん断面の下にある画素の d から、せん断面の上にある画素の $d+1$ へと変化する。そこで、第7図(b)のハッチングで示すように、座標 (x, y) および座標 $(x, y+1)$ にある画素の移動量がそれぞれ $d+1/3$ 、 $d+2/3$ と等価になるように重み付けを行う。せん断面の下および上にある右下がり、右上がりのハッチングの2画素の濃度は、座標 $(x-1, y)$ と座標 (x, y) 、および座標 $(x, y+1)$ と座標 $(x+1, y+1)$ にある画素の濃

各画素の濃度を式(14)、(15)に代入することにより、これらの画素の濃度 $g_1(6, 7)$ 、 $g_1(6, 8)$ を

$$g(6, 7) = \frac{2 \cdot g_1(6, 7) + g_1(5, 7)}{3} = \frac{2 \times 57 + 47}{3} = 54$$

$$g(6, 8) = \frac{2 \cdot g_1(6, 8) + g_1(7, 8)}{3} = \frac{2 \times 48 + 58}{3} = 51$$

と置換する。ただし、通常画像メモリは整数値を取り扱うので、算出結果を整数値化して示した。

以上の説明は、せん断境界の2画素を滑線化する場合であった。本発明は、2画素以上の画素数に一般化でき、以下、 $2n$ ($n=1, 2, \dots$)画素を滑線化する場合について説明する。この場合には、

$$\text{座標}(x, y-n+1) \text{にある画素の移動量が} \\ d - \frac{1}{2n+1} \cdot \Delta d / |\Delta d|$$

$$\text{座標}(x, y-n+i) \text{にある画素の移動量が} \\ d - \frac{i}{2n+1} \cdot \Delta d / |\Delta d|$$

$$\text{座標}(x, y+n) \text{にある画素の移動量が}$$

度なので、せん断境界の2画素の濃度は、

$$g(x, y) = \frac{1}{3}(g_1(x-1, y) + 2g_1(x, y)) \quad (12)$$

$$g(x, y+1) = \frac{1}{3}(2g_1(x, y+1) + g_1(x+1, y+1)) \quad (13)$$

となる。

このように、滑線化処理に用いる画素は、自分自身とジャギを打ち消す方向に1画素移動した座標、すなわち $(x + \Delta d / |\Delta d|, y)$ あるいは $(x - \Delta d / |\Delta d|, y+1)$ にある画素である。したがって、第2工程で検出される画素の濃度を表わす式(10)と式(12)による $g(x, y)$ 、式(11)と式(13)による $g(x, y+1)$ は、

$$g(x, y) = \frac{2g_1(x, y) + g_1(x + \Delta d / |\Delta d|, y)}{3} \quad (14)$$

$$g(x, y+1) = \frac{2g_1(x, y) + g_1(x - \Delta d / |\Delta d|, y)}{3} \quad (15)$$

のように統一的に表わせる。

今、第2工程において、 $\Delta d < 0$ を満たす時計回りのせん断境界の2画素として検出された座標 $(6, 7)$ 、 $(6, 8)$ ($x=6, y=7$)にある画素を例に用いる。 $\Delta d / |\Delta d| = -1$ であるので、

$$d - \frac{2n}{2n+1} \cdot \Delta d / |\Delta d|$$

と等価になるようにする。ただし、 $i=1, 2, \dots, 2n$ である。したがって、

$$g(x, y-n+1) = \frac{2n \cdot g_1(x, y-n+1) + 1 \cdot g_1(x + \Delta d / |\Delta d|, y-n+1)}{2n+1} \quad (16)$$

$$g(x, y-n+i) = \frac{(2n+1-i) \cdot g_1(x, y-n+i) + i \cdot g_1(x + \Delta d / |\Delta d|, y-n+i)}{2n+1} \quad (17)$$

$-n+i > 0$ のとき正の符号

を用いる

$-n+i \leq 0$ のとき負の符号

$$g(x, y+n) = \frac{1 \cdot g_1(x, y+n) + 2n \cdot g_1(x - \Delta d / |\Delta d|, y+n)}{2n+1} \quad (18)$$

と濃度を置換することにより滑線化する。

前述と同じせん断境界に対して、 $n=2$ 、すなわち境界の前後各2画素を滑線化する場合の計算例を示す。各画素の濃度を式(16)、(17)、(18)に代入することにより、座標 $(6, 6)$ 、 $(6, 7)$ 、 $(6, 8)$ 、 $(6, 9)$ にある画素の濃度 $g_1(6, 6)$ 、 $g_1(6, 7)$ 、 $g_1(6, 8)$ 、 $g_1(6, 9)$ は

$$g(6, 6) = \frac{4g_1(6, 6) + g_1(5, 6)}{5}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4 \times 56 + 16}{5} = 54 \\
 g(6, 7) &= \frac{3g_s(6, 7) + 2g_s(5, 7)}{5} \\
 &= \frac{3 \times 57 + 2 \times 47}{5} = 53 \\
 g(6, 8) &= \frac{2g_s(6, 8) + 3g_s(7, 8)}{5} \\
 &= \frac{2 \times 48 + 3 \times 58}{5} = 54 \\
 g(6, 9) &= \frac{g_s(6, 9) + 4g_s(7, 9)}{5} \\
 &= \frac{49 + 4 \times 59}{5} = 57
 \end{aligned}$$

と求められる。

画像の伸縮について

(d) 滑線化画素の検出

第4工程は、x方向に隣接する画素の移動量が異なる画素を検出する工程である。すなわち、隣接する画素における移動量の差分 Δd を

$$\Delta d = d(x, y) - d(x+1, y)$$

より求め、 $\Delta d < 0$ または $\Delta d > 0$ となるとき、座標 (x, y) 、 $(x+1, y)$ にある画素を検出する。

この2画素の境界において、 $\Delta d < 0$ では第6

座標 $(x+1, y)$ にある画素の移動量が $d+2/3$ と等価になるように重み付けを行う。境界の左および右にある右下がり、右上がりのハッチングの2画素の濃度は、座標 (x, y) と座標 $(x+1, y)$ 、および座標 $(x+1, y)$ と座標 $(x+2, y)$ にある画素の濃度なので、伸びの境界の2画素の濃度は、

$$g(x, y) = \frac{1}{3}\{g_s(x-1, y) + 2g_s(x, y)\} \quad (19)$$

$$g(x+1, y) = \frac{1}{3}\{2g_s(x+1, y) + g_s(x+2, y)\} \quad (20)$$

となる。

同様に縮みの場合($\Delta d > 0$)には、第6図(d)に示すように、画素の移動量が縮みの境界の2画素において、 d から $d-1$ へと変化している。したがって、第7図(d)のハッチングで示すように、座標 (x, y) および座標 $(x+1, y)$ にある画素の移動量がそれぞれ $d-1/3$ 、 $d-2/3$ と等価になるように重み付けを行う。境界の左にある右下がりのハッチングの2画素のうち、左側の画素(A)の濃度は、座標 (x, y) にある画素の濃度となっている。

図(c)に示すように伸びが、また、 $\Delta d > 0$ では第6図(d)に示すように縮みが起こっている場合である。

例えば、第3図に示した移動量記憶画像Dにおいて、座標 $(2, 8)$ 、 $(3, 8)$ にある画素の移動量 $d(2, 8)$ 、 $d(3, 8)$ はそれぞれ0、1であるので、

$$\Delta d = d(2, 8) - d(3, 8)$$

$$= -1 < 0$$

となる。したがって、これらの画素において画像の伸びが生じているので、これらの画素が滑線化すべき画素として検出しなければならない。

(e) 滑線化処理

第5工程は、画像の伸縮によって生じたジャギを滑線化する工程である。

画像の伸びの場合($\Delta d < 0$)には、第6図(c)に示すように、画像の移動量が伸びの境界の2画素において、 d から $d+1$ へと急激に変化する。そこで、第7図(c)のハッチングで示すように、座標 (x, y) にある画素の移動量が $d+1/3$ 、座

なお、図の下側に示したハッチングの画素は、第7図(d)のハッチングの画素を個別(A)~(E)に取り出して示したものである。しかし、右側の画素の濃度(I)は、本来第6図(d)の図で示す画素の濃度であるが、縮みによって欠落している。この欠落画素を逆探索するのは手間がかかるので、その濃度を両側にある、すなわち座標 (x, y) と座標 $(x+1, y)$ にシフトされた画素の濃度の平均値で置換する。同様に、境界の右にある右上がりのハッチングの2画素のうち、右側の画素の濃度(E)は座標 $(x+1, y)$ にある画素の濃度であり、左側の画素(U)の濃度は座標 (x, y) と座標 $(x+1, y)$ にある画素の濃度の平均値となる。したがって、縮みの境界の2画素の濃度は、

$$\begin{aligned}
 g(x, y) &= \frac{1}{3}\{2g_s(x, y) + \frac{g_s(x, y) + g_s(x+1, y)}{2}\} \\
 &= \frac{1}{6}\{5g_s(x, y) + g_s(x+1, y)\} \quad (21)
 \end{aligned}$$

$$g(x+1, y) = \frac{1}{6}\{g_s(x, y) + 5g_s(x+1, y)\} \quad (22)$$

となる。

今、第3図において、伸び($\Delta d < 0$)が生じる

境界として座標(2, 8), (3, 8)(x = 2, y = 8)にある画素を例に用いる。各画素の濃度を式(19), (20)に代入することにより、これらの画素の濃度 $g_+(2, 8)$, $g_+(3, 8)$ は

$$\begin{aligned} g_+(2, 8) &= \frac{g_+(1, 8) + 2 \cdot g_+(2, 8)}{3} \\ &= \frac{18 + 2 \times 28}{3} = 25 \\ g_+(3, 8) &= \frac{2 \cdot g_+(3, 8) + g_+(4, 8)}{3} \\ &= \frac{2 \times 28 + 38}{3} = 31 \end{aligned}$$

となる。

画像のせん断の場合と同様に、2n画素を滑線化する場合について説明する。この場合には、

$$\begin{aligned} \text{座標}(x-n+1, y) \text{にある画素の移動量が} \\ d - \frac{1}{2n+1} \cdot \Delta d \cdot |\Delta d| \\ \text{座標}(x-n+i, y) \text{にある画素の移動量が} \\ d - \frac{i}{2n+1} \cdot \Delta d \cdot |\Delta d| \\ \text{座標}(x+n, y) \text{にある画素の移動量が} \\ d - \frac{2n}{2n+1} \cdot \Delta d \cdot |\Delta d| \end{aligned}$$

と等価になるようにする。したがって、

$g_+(1, 8)$, $g_+(2, 8)$, $g_+(3, 8)$, $g_+(4, 8)$ は、

$$\begin{aligned} g_+(1, 8) &= \frac{4 \times g_+(1, 8) + g_+(0, 8)}{5} \\ &= \frac{4 \times 18 + 8}{5} = 16 \\ g_+(2, 8) &= \frac{3 \times g_+(2, 8) + 2 \times g_+(1, 8)}{5} \\ &= \frac{3 \times 28 + 2 \times 18}{5} = 24 \\ g_+(3, 8) &= \frac{2 \times g_+(4, 8) + 3 \times g_+(3, 8)}{5} \\ &= \frac{2 \times 38 + 3 \times 28}{5} = 32 \\ g_+(4, 8) &= \frac{g_+(5, 8) + 4 \times g_+(4, 8)}{5} \\ &= \frac{48 + 4 \times 38}{5} = 40 \end{aligned}$$

となる。

本発明の滑線化処理を施す座標変換を行った結果を第8図(c), (d)に示す。第8図(c)は境界の2画素に対して、また、第8図(d)は4画素に対して滑線化したものである。第8図(b)に示した画像ではジャギが目立つが、本発明によってジャギが滑線化され、画質を劣化させることなく画像の座標変換が行えていることがわかる。また、

$$g(x-n+1, y) = \frac{2n \cdot g(x-n+1, y) + 1 \cdot g(x-n+1 + \Delta d / |\Delta d|, y)}{2n+1} \quad (23)$$

$$g(x-n+i, y) = \begin{cases} \frac{(2n+1-i)g(x-n+i, y) + i \cdot g(x-n+i + \Delta d / |\Delta d|, y)}{2n+1} & (1 \leq i \leq n) \\ \frac{(2n+1-i)g(x-n+i + \Delta d / |\Delta d|, y) + i \cdot g(x-n+i, y)}{2n+1} & (n < i \leq 2n) \end{cases} \quad (24)$$

$$g(x+n, y) = \frac{1 \cdot g(x+n + \Delta d / |\Delta d|, y) + 2n \cdot g(x+n, y)}{2n+1} \quad (25)$$

と濃度を置換することにより滑線化する。

ただし、縮みの場合($\Delta d > 0$)において、

$g(x, y)$, $g(x+1, y)$ を滑線化する際に使用すべき画素が欠落してしまっているので、

$g(x, y)$ 、すなわち $n = i$ の場合には式(24)の分子の第2項を、また、 $g(x+1, y)$ 、すなわち $n = i+1$ の場合には第1項を、 $g(x, y)$ と $g(x+1, y)$ の平均値で置き換えて計算することとする。

前述と同じ伸び($\Delta d < 0$)の境界に対して、 $n = 2$ とした計算例を示す。各画素の濃度を式(23), (24), (25)に代入することにより、座標(1, 8), (2, 8), (3, 8), (4, 8)にある画素の濃度

第8図(c), (d)を比較すると、滑線化領域を広くした方がより品質の良い変換が行えることがわかる。

(発明の効果)

以上説明したように、本発明方法は、最近隣内挿法を用いた座標変換の際に生じるジャギに対して、各画素の移動量から画像のせん断、伸縮の起こる画素を検出し、変換に伴う画素の移動を緩やかにすることにより滑線化することによって、ジャギを生じることなく、すなわち画質を劣化させることなく、画像歪や投影法の変更などの座標変換が行える利点がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図は画像の座標変換の原理を示した図、第2図は画像の座標変換のフローチャートを示した図、第3図は水平方向の移動量記憶画像Dの一例を示した図、第4図は画像の座標変換の具体例を示した図、第5図はジャギの様子を示した図、第6図はジャギの発生を説明するための図、第7図は滑線化原理を説明するための図、第8図(a)は

座標変換前の画像、(b)は滑線化処理を施さない場合、(c)、(d)は滑線化処理を施した場合の座標変換結果を実際の画像を用いて示した図である。

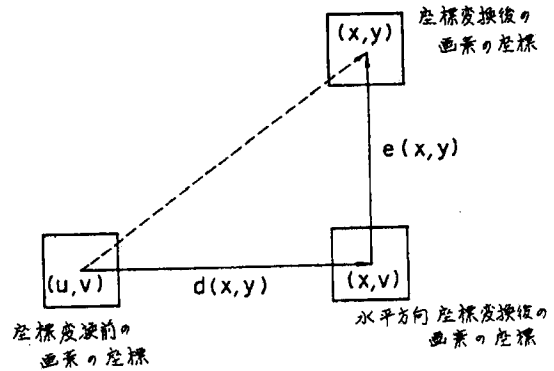
1…ケーブル、 2…マンホール壁面、
 x, y …座標変換後の画素の座標、
 u, v …座標変換前の画素の座標、
 x, v …水平方向座標変換後の画素の座標、
 $d(x, y)$ …水平方向への画素移動、
 $e(x, y)$ …鉛直方向への画素移動、
 D …移動量記憶画像、 M …マスク画像、
 G_1 …座標変換前画像、 G_2 …シフト後画像、
 G_3 …部分座標変換後画像、 G_4 …
 水平方向の座標変換後画像。

特許出願人 日本電信電話株式会社

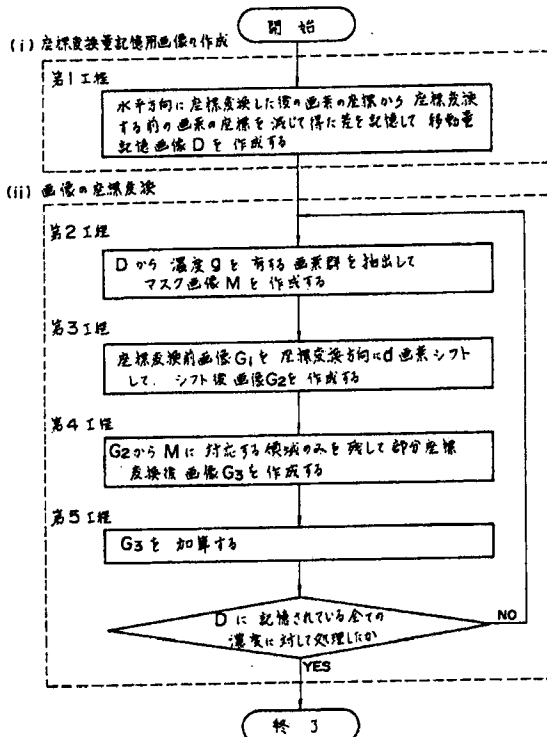
代理人 星野恒



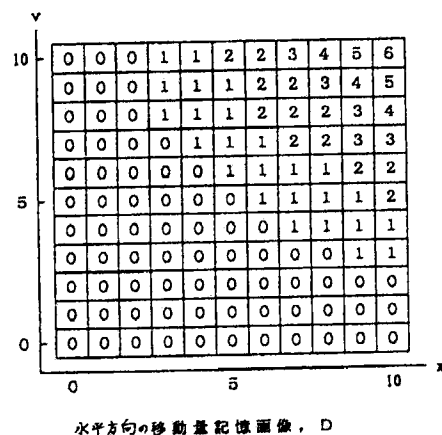
第 1 図



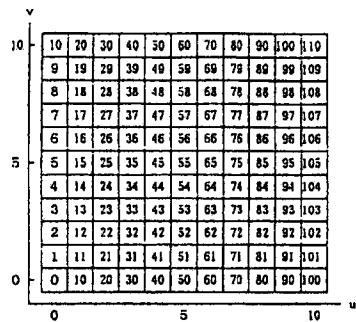
第 2 図



第 3 図

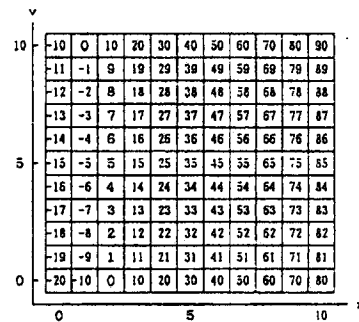


第 4 図

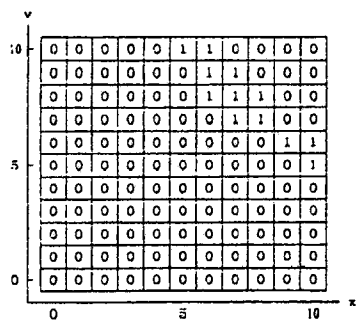


(a) 座標変換前画像, G,

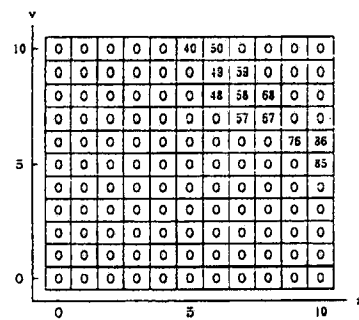
第 4 図



(c) シフト後画像, G,

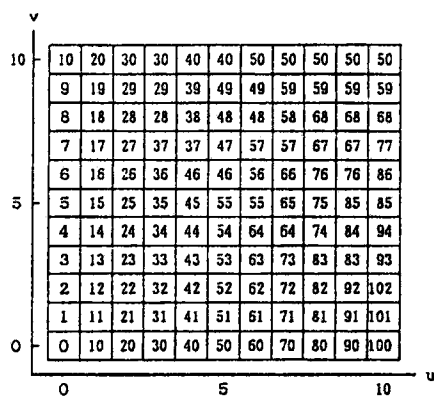


(b) マスク画像, M



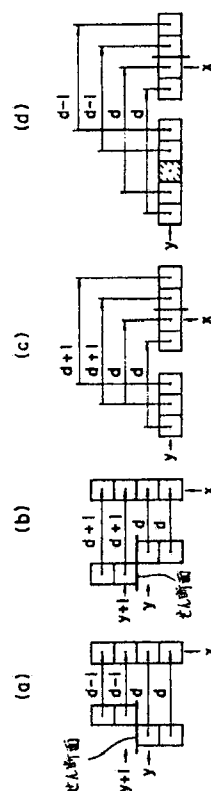
(d) 部分座標変換後画像, G,

第 4 図

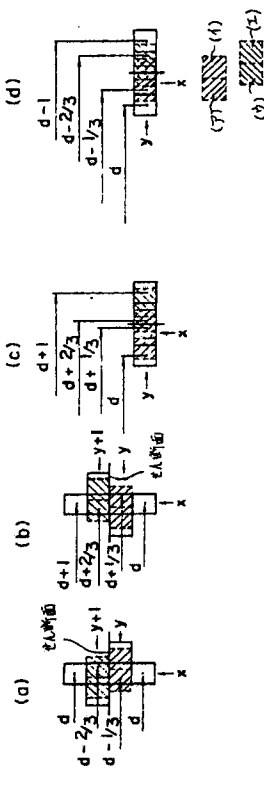


(e) 水平方向の座標変換後画像, G,

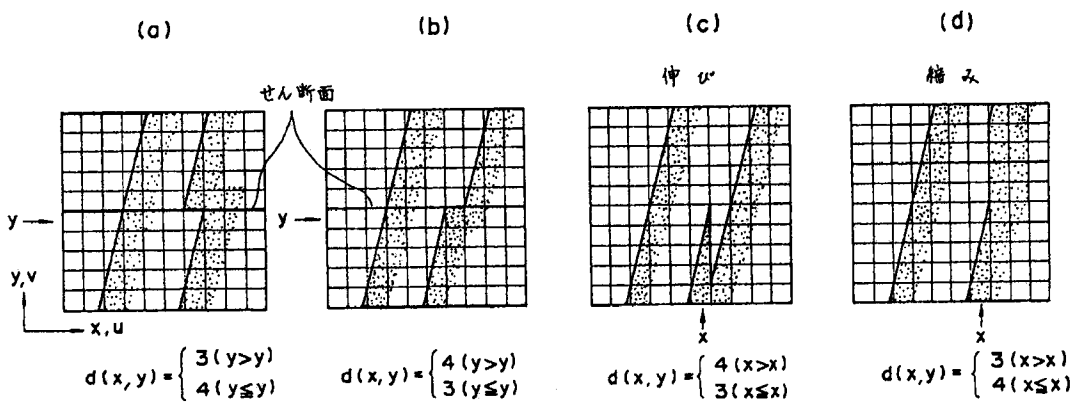
第 6 図



第 7 図



第 5 図



第 8 図

